

527,642

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

Rec'd PCT/PTO

14 MAR 2005

(43) 国際公開日
2004年4月1日 (01.04.2004)

PCT

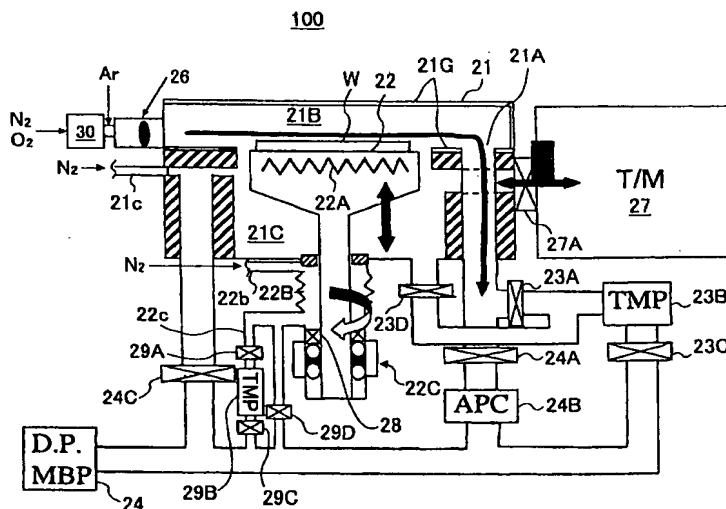
(10) 国際公開番号
WO 2004/027852 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/318, 21/31, 29/78 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011971 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井下田 真信
(22) 国際出願日: 2003年9月19日 (19.09.2003) (IGETA, Masanobu) [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市
(25) 国際出願の言語: 日本語 穂坂町三ツ沢650 東京エレクトロンAT株式会
(26) 国際公開の言語: 日本語 社内 Yamanashi (JP). 青山 真太郎 (AOYAMA, Shintaro)
(30) 優先権データ: 特願2002-273709 2002年9月19日 (19.09.2002) JP [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢650
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エ 東京エレクトロンAT株式会社 Yamanashi (JP). 神
レクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) 力 博 (SHINRIKI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒270-2242 千葉県
[JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目3番6号 松戸市 仲井町2丁目30番10号 Chiba (JP).
Tokyo (JP). (74) 代理人: 伊東 忠彦 (ITO, Tadahiko); 〒150-6032 東京
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, 都 渋谷区 恵比寿4丁目20番3号 恵比寿ガーデンプ
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, レイスタワー32階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR FORMING INSULATING FILM ON SUBSTRATE, METHOD FOR MANUFACTURING SEMI-CONDUCTOR DEVICE AND SUBSTRATE-PROCESSING APPARATUS

(54) 発明の名称: 基板上への絶縁膜の形成方法、半導体装置の製造方法、および基板処理装置



(57) Abstract: A substrate-processing apparatus (100, 40) comprises a radical-forming unit (26) for forming nitrogen radicals and oxygen radicals through a high-frequency plasma, a processing vessel (21) in which a substrate (W) to be processed is held, and a gas-supplying unit (30) which is connected to the radical-forming unit. The gas-supplying unit (30) controls the mixture ratio between a first raw material gas containing nitrogen and a second raw material gas containing oxygen, and supplies a mixture gas of a desired mixture ratio to the radical-forming unit. By supplying nitrogen radicals and oxygen radicals mixed at the controlled mixture ratio to the surface of the substrate, an insulating film having a desired nitrogen concentration is formed on the surface of the substrate.

(57) 要約: 基板処理装置 (100、40) は、高周波プラズマにより窒素ラジカルと酸素ラジカルを形成するラジカル形成部 (26) と、被処理基板 W を保持する処理容器 (21) と、ラジカル形成部に接続されて窒素を含む第 1 の原料ガスと、酸素を含む第 2 の原料ガスの混合比を制御して、所望の混合比の混合ガスをラジカル形成部に供給するガス供給部 (30) とを備える。混合比が制御さ

[続葉有]

WO 2004/027852 A1



DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

基板上への絶縁膜の形成方法、半導体装置の製造方法、および基板処理装置

5 技術分野

本発明は、広くは半導体装置の製造に関し、特に、高誘電体膜をゲート絶縁膜に適応した超微細化高速半導体装置の基板処理技術に関する。

背景技術

10 今日の超高速半導体装置では、微細化プロセスの進歩とともに、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下のゲート長が可能になりつつある。一般に微細化とともに半導体装置の動作速度は向上するが、このように非常に微細化された半導体装置では、ゲート絶縁膜の膜厚を、微細化によるゲート長の短縮に伴って、スケーリング則に従って減少させる必要がある。

15 しかしゲート長が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下になると、ゲート絶縁膜の厚さも、従来の熱酸化膜を使った場合、 $1\sim 2\ \text{nm}$ 、あるいはそれ以下に設定する必要があるが、このように非常に薄いゲート絶縁膜ではトンネル電流が増大し、その結果ゲートリーク電流が増大する問題を回避することができない。

このような事情から、比誘電率が熱酸化膜よりもはるかに大きい高誘電体材料をゲート絶縁膜に適用することが提案されている。特に、実際の膜厚が大きくても SiO_2 膜に換算した場合の膜厚が小さい Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 ZrSiO_4 、 HfSiO_4 などを用いる試みがなされている。このような高誘電体材料を使うことにより、ゲート長が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下と、非常に短い超高速半導体装置においても、 $10\ \text{nm}$ 程度の物理的膜厚のゲート絶縁膜を使うことが
25 でき、トンネル効果によるゲートリーク電流を抑制することができる。

Ta_2O_5 膜は、 $\text{Ta}(\text{OC}_2\text{H}_5)_5$ と O_2 を気相原料としたCVD法により形成できることが知られている。典型的な場合、CVDプロセスは減圧環境下、約 480°C 、あるいはそれ以上の温度で実行される。このようにして形成された Ta_2O_5 膜は、さらに酸素雰囲気中において熱処理され、その結果、膜中の酸素欠

損が解消され、また膜自体が結晶化する。結晶化された Ta_2O_5 膜は大きな比誘電率を示す。

5 チャネル領域中のキャリアモビリティを向上させる観点からは、高誘電体ゲート酸化膜とシリコン基板との間に、1 nm以下、好ましくは0.8 nm以下の厚さのきわめて薄いベース酸化膜を介在させるのが好ましい。ベース酸化膜の膜厚が厚くなると、高誘電体膜をゲート絶縁膜に使った効果が相殺されてしまうので、ベース酸化膜を非常に薄くする必要がある。非常に薄いベース酸化膜でシリコン基板表面を一様に覆うとともに、ベース酸化膜中に界面準位等の欠陥を形成しないことが要求される。

10 図1は高誘電体ゲート絶縁膜を有する高速半導体装置10の概略的な構成を示す。

図1を参照するに、半導体装置10はシリコン基板11上に形成されており、シリコン基板11上には薄いベース酸化膜12を介して、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 $ZrSiO_4$ 、 $HfSiO_4$ 等の高誘電体ゲート絶縁膜13が形成される。高誘電体ゲート絶縁膜13上にはゲート電極14が形成されている。

15 しかし、半導体装置10で、ベース酸化膜12上に形成される高誘電体ゲート絶縁膜13の機能を発現させるためには、堆積した高誘電体膜13を熱処理により結晶化し、また酸素欠損補償を行う必要がある。このような熱処理を高誘電体膜13に対して行った場合、ベース酸化膜12の膜厚が増大してしまうという問題があった。

20 熱処理に伴うベース酸化膜12の膜厚の増大の原因の一つとして、熱処理を行った際に、ベース酸化膜層12のシリコンと前記高誘電体膜13の金属が相互拡散してシリケート層を形成していることが推察される。ベース酸化膜12の熱処理に伴う膜厚増大の問題は、特にベース酸化膜12の膜厚を、ベース酸化膜として望ましい数原子層以下の膜厚まで低減する必要のある場合に、非常に深刻な問題になる。

25 ベース酸化膜の膜厚の増大を抑える対策として、ベース酸化膜層の表面を窒化して酸窒化膜を形成することが提案されている。図2は、ベース酸化膜の表面を窒化した半導体装置20の概略構成を示す。図中、図1の半導体装置10と同一

の部分には同一の参照符号を付して、説明を省略する。

図 2 において、ベース酸化膜層 1 2 の表面部分に、シリコン基板 1 1 とベース酸化膜 1 2 との間の界面の平坦性が保たれるような範囲で窒素 (N) がドーピングされ、酸化窒素膜 1 2 A が形成されている。この酸化窒素膜 1 2 A により、シリケート層の生成を防止し、ベース酸化膜 1 2 の膜厚が増大するのを防止している。

しかし、この方法では、ベース酸化膜層 1 2 を窒素化して酸化窒素膜 1 2 A を生成するための窒素化工程を新たに追加する必要が生じ、生産性が低下してしまう。さらに、ベース酸化膜層 1 2 の深さ方向における窒素濃度の制御は、非常に困難である。特にシリコン基板 1 1 とベース酸化膜 1 2 との界面近傍に窒素が濃集すると界面準位が形成され、キャリアの捕獲やリーク電流経路の形成などの問題を生じることが知られている。

発明の開示

そこで、本発明は上記の課題を解決する新規で有用な半導体装置の基板処理技術を提供する。

より具体的には、シリコン基板表面に非常に薄い、典型的には 1 ～ 3 原子層の酸化窒素膜を単一の工程で形成することのできる基板処理技術を提供することを目的とする。

また、シリコン基板表面の非常に薄い、典型的には 1 ～ 3 原子層の酸化窒素膜の窒素濃度を、深さ方向に適正に制御することのできる基板処理技術を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の第 1 の側面では、基板上への絶縁膜の形成方法を提供する。この方法は、高周波プラズマにより窒素ラジカルおよび酸素ラジカルを形成する工程と、前記窒素ラジカルと前記酸素ラジカルを被処理基板表面に供給して前記被処理基板表面に絶縁膜を形成する工程とを含む。

より具体的な態様として、基板上への絶縁膜の形成方法は、

(a) 窒素ガスまたは窒素化合物ガスと、酸素ガスまたは酸素化合物ガスを混合して混合ガスを生成する工程と、

(b) 前記混合ガスを高周波プラズマにより励起して窒素ラジカルおよび酸素ラ

ジカルを形成する工程と、

(c) 前記窒素ラジカルおよび前記酸素ラジカルを、シリコンを含む被処理基板表面に供給する工程と、

(d) 前記窒素ラジカルおよび前記酸素ラジカルにより、前記被処理基板表面に

5 窒素を含む絶縁膜を形成する工程と

を含む。

被処理基板は、たとえばシリコン基板であり、絶縁膜はたとえば酸化窒化膜である。

10 混合ガスの生成工程は、混合ガス中の窒素ガスまたは窒素化合物ガスに対する酸素ガスまたは酸素化合物ガスの割合を、時間とともに変化させる工程を含む。

窒素ラジカルと酸素ラジカルは、被処理基板の表面に沿って流れるように形成されたガスの流れに乗って、被処理基板上に供給される。

前記ガスの流れは、被処理基板の第1の側から、径方向で対向する第2の側へと流れるのが望ましい。

15 高周波プラズマは、窒素ガスおよび酸素ガスを400～500kHzの周波数で励起することにより形成される。

本発明の第2の側面では、上述した基板処理を用いた半導体装置の製造方法を提供する。半導体装置の製造方法は、高周波プラズマにより窒素ラジカルおよび酸素ラジカルを形成する工程と、前記窒素ラジカルと前記酸素ラジカルを半導体

20 基板表面に供給して基板表面を処理する工程と、表面処理された基板上に、活性素子を形成する工程とを含む。

より具体的な態様では、半導体装置の製造方法は、

(a) 窒素ガスまたは窒素化合物ガスと、酸素ガスまたは酸素化合物ガスを混合して混合ガスを形成する工程と、

25 (b) 前記混合ガスを高周波プラズマにより励起して窒素ラジカルおよび酸素ラジカルを形成する工程と、

(c) 前記窒素ラジカルおよび前記酸素ラジカルを、シリコンを含む被処理基板表面に供給する工程と、

(d) 前記窒素ラジカルおよび前記酸素ラジカルにより、前記被処理基板表面に

窒素を含む絶縁膜を形成する工程と、

(e) 前記絶縁膜を有する被処理基板上に半導体素子を形成する工程とを含む。

5 本発明の第3の側面では、上述した基板処理を行うことのできる基板処理装置を提供する。この基板処理装置は、高周波プラズマにより窒素ラジカルと酸素ラジカルを形成するラジカル形成部と、被処理基板を保持する処理容器とを備え、前記ラジカル形成部は、形成した窒素ラジカルと酸素ラジカルを前記処理容器に供給する供給ポートを有し、前記処理容器内に保持される被処理基板表面に前記窒素ラジカルと前記酸素ラジカルを供給することにより、前記被処理基板表面に
10 絶縁膜を形成する。

基板処理装置はさらに、窒素を含む第1の原料ガスと酸素を含む第2の原料ガスの混合比を制御して、所望の混合比の混合ガスを前記ラジカル形成部に供給するガス供給部を備え、前記第1の原料ガスと第2の原料ガスの混合比を制御することにより、前記ラジカル形成部で生成され前記処理容器に供給される前記窒素
15 ラジカルと前記酸素ラジカルとの供給比が制御される。

ラジカル形成部は、処理容器の側面に位置し、前記被処理基板の表面に沿って流れるガス流を形成し、前記窒素ラジカルと酸素ラジカルを、前記被処理基板の表面に沿ったガス流に乗せて前記被処理基板の表面に供給する。

20 処理容器は、ラジカル形成部の供給ポートと反対側に、窒素ラジカルおよび酸素ラジカルを排気する排気口を有する。これにより、処理容器内を、ラジカル形成部側から、被処理基板に沿って反対側へ流れるガス流が形成される。

ラジカル形成部は、混合ガスに400kHz～500kHzの周波数を印加して励起する周波数印加手段をさらに有する。

25 上述した基板処理技術に基づく絶縁膜の形成方法、半導体装置の製造方法、および基板処理装置によれば、高周波プラズマ励起された窒素ラジカルと酸素ラジカルを使って、非常に薄い酸窒化膜を単一の工程で形成することが可能になる。酸化膜を窒化して酸窒化膜を形成する場合に比べて工程数が低減され、生産性を向上することが可能となる。

また、酸窒化膜形成工程において、供給される窒素ラジカルに添加する酸素ラ

ジカルの量を、酸化膜形成中に制御することが可能になる。その結果、形成される酸化膜中の窒素濃度を、膜厚方向において所望のプロファイルに制御することが可能になる。

- またこの場合、従来用いられていたシリコン酸化膜に比較して酸化膜の誘電率
5 率が大きいため、熱酸化膜換算膜厚を減少させることが可能になる。

図面の簡単な説明

本発明の他の目的、特徴及び利点は、添付図面を参照して以下に述べる詳細な説明により一層明瞭となる。

- 10 図 1 は、高誘電体ゲート絶縁膜とベース酸化膜を有する半導体装置の構成を示す図である。

図 2 は、高誘電体ゲート絶縁膜とベース酸化膜との間に酸化膜を有する半導体装置の構成を示す図である。

図 3 は、本発明の一実施形態に係る基板処理装置の構成を示す図である。

- 15 図 4 は、図 3 の基板処理装置において用いられるリモートプラズマ源の構成を示す図である。

図 5 は、図 4 のリモートプラズマ源により生成される RF リモートプラズマの特性と、マイクロ波プラズマの特性を比較する図である。

- 図 6 は、RF リモートプラズマとマイクロ波プラズマの放電に関する特性を比較する図である。
20

図 7 は、マイクロ波によりプラズマを励起する場合と、高周波によりプラズマを励起する場合との比較である。

図 8 (A) および 8 (B) は、図 3 の基板処理装置を用いて酸化膜を形成する際のラジカルの流れを示す側面図と上面図である。

- 25 図 9 (A) および 9 (B) は、図 8 (A) および 8 (B) に示す基板処理装置の変形例を示す側面図と上面図である。

図 10 は、基板処理装置で用いられるガス供給装置の構成を示す図である。

図 11 は、本発明の一実施形態における窒素と酸素の混合比制御の第 1 の例を示す図である。

図 1 2 は、窒素と酸素の混合比制御の第 2 の例を示す図である。

図 1 3 は、窒素と酸素の混合比制御の第 3 の例を示す図である。

図 1 4 は、窒素と酸素の混合比制御の第 4 の例を示す図である。

図 1 5 は、窒素と酸素の混合比制御の第 5 の例を示す図である。

5

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

図 3 は、本発明の一実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 の概略構成図である。
基板処理装置 1 0 0 を用いて、図 2 に示すシリコン基板 1 1 上に、酸窒化膜を形成する。

10

基板処理装置 1 0 0 は、処理容器 2 1 と、高周波プラズマにより窒素ラジカルと酸素ラジカルを形成するリモートプラズマ源 2 6 と、リモートプラズマ源 2 6 に原料ガスを供給するガス供給装置 3 0 とを含む。

15 処理容器 2 1 は、プロセス位置と基板搬入・搬出位置との間を上下動自在に設けられたピスタ 2 2 A 付きの基板保持台 2 2 を収納する。処理容器 2 1 と基板保持台 2 2 とで、プロセス空間 2 1 B を形成する。基板保持台 2 2 は、駆動機構 2 2 C により回動される。処理容器 2 1 の内壁面は、石英ガラスでできた内部ライナ 2 1 G により覆われており、これにより、露出金属面からの被処理基板 W の金属汚染を 1×10^{10} 原子 / cm^2 以下のレベルに抑制している。

20 基板保持台 2 2 と駆動機構 2 2 C との結合部には磁気シール 2 8 が配置されている。磁気シール 2 8 は、真空環境に保持される磁気シール室 2 2 B と、大気環境中に形成される駆動機構 2 2 C とを分離する。磁気シール 2 8 は液体であるため、基板保持台 2 2 は回動自在に保持される。

25 図 3 の状態では、基板保持台 2 2 はプロセス位置にあり、プロセス位置の下方に、被処理基板 W の搬入・搬出のための搬入・搬出室 2 1 C が形成されている。処理容器 2 1 はゲートバルブ 2 7 A を介して基板搬送ユニット 2 7 に結合されている。基板保持台 2 2 が搬入・搬出室 2 1 C 内の搬入・搬出位置に下降した状態で、ゲートバルブ 2 7 A を介して、基板搬送ユニット 2 7 から被処理基板 W が基板保持台 2 2 上に搬送される。また、処理済みの基板 W が、基板保持台 2 2 から

基板搬送ユニット 27 に搬送される。

図 3 の基板処理装置 100 では、処理容器 21 のゲートバルブ 27 A に近い部分に排気口 21 A が形成されており、排気口 21 A にはバルブ 23 A を介してターボ分子ポンプ 23 B が結合されている。ターボ分子ポンプ 23 B には、さらに
5 ドライポンプおよびメカニカルブースターポンプを結合して構成したポンプ 24 がバルブ 23 C を介して結合されている。ターボ分子ポンプ 23 B とドライポンプを駆動することにより、プロセス空間 21 B の圧力を $1.33 \times 10^{-1} \sim 1.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ ($10^{-3} \sim 10^{-6} \text{ Torr}$) まで減圧することが可能になる

一方、排気口 21 A はバルブ 24 A および APC 24 B を介して直接にもポン
10 プ 24 に結合されており、バルブ 24 A を開放することにより、プロセス空間はポンプ 24 により $1.33 \text{ Pa} \sim 13.3 \text{ kPa}$ ($0.01 \sim 100 \text{ Torr}$) の圧力まで減圧される。

リモートプラズマ源 26 は、処理容器 21 の排気口 21 A と対向する側に設置されており、リモートプラズマ源 26 には、窒素および酸素を供給するためのガス供給装置 30 が接続されている。ガス供給装置 30 では、供給する窒素に対し
15 て微量の酸素を混合して、所定の混合比（酸素濃度で約 $10 \text{ ppm} \sim 600 \text{ ppm}$ 程度）の混合ガスを生成する。混合比の制御方法については、図 9 ～ 図 13 を参照して後述する。生成された窒素／酸素混合ガスは、アルゴン (Ar) などの不活性ガスと共に、リモートプラズマ源 26 に供給される。窒素／酸素混合ガスをプラズマにより活性化することによって、所定の混合比で窒素ラジカルと酸素ラジカルを生成することができる。換言すると、リモートプラズマ源 26 に供給
20 される窒素と酸素の混合比を調整することにより、リモートプラズマ源 26 で生成される窒素ラジカルと酸素ラジカルの比を調整することができる。その結果、被処理基板 W 上に所望の窒素濃度に調整された酸化膜を形成することが可能に
25 なる。

図 3 の基板処理装置 100 には、搬入・搬出室 21 C を窒素ガスによりパージするパージライン 21 c と、磁気シール室 22 B を窒素ガスによりパージするパージライン 22 b と、その排気ライン 22 c が設けられている。より詳細に説明すると、排気ライン 22 c にはバルブ 29 A を介してターボ分子ポンプ 29 B が

結合され、ターボ分子ポンプ 29 B はバルブ 29 C を介してポンプ 24 に結合されている。排気ライン 22 c はまた、バルブ 29 D によってもポンプ 24 に直接結合されており、これにより磁気シール室 22 B を様々な圧力に保持することが可能になる。

- 5 搬入・搬出室 21 C 内のガスは、ポンプ 24 によりバルブ 24 C を介して排気される。あるいは、ターボ分子ポンプ 23 B によりバルブ 23 D を介して排気される。プロセス空間 21 B において汚染が生じるのを回避するために、搬入・搬出室 21 C はプロセス空間 21 B よりも低圧に維持される。磁気シール室 22 B は、差動排気により搬入・搬出室 21 C よりもさらに低圧に維持される。
- 10 図 4 は、図 3 の基板処理装置 100 で用いられるリモートプラズマ源 26 の構成を示す。リモートプラズマ源 26 は、一般にアルミニウムで構成されるブロック 26 A を含み、ブロック 26 A の一部にフェライトコア 26 B が形成されている。ブロック 26 A の内部には、ガス循環通路 26 a と、これに連通したガス入口 26 b およびガス出口 26 c が形成されている。
- 15 ガス循環通路 26 a と、ガス入口 26 b、ガス出口 26 c の内面にはフッ素樹脂コーティング 26 d が施されている。フェライトコア 26 B に巻回されたコイルに周波数が 400 kHz の高周波を供給することにより、前記ガス循環通路 26 a 内にプラズマ 26 C が形成される。
- 20 プラズマ 26 C の励起に伴って、前記ガス循環通路 26 a 中には窒素ラジカル、酸素ラジカルおよび窒素イオン、酸素イオンが形成される。窒素イオンと酸素イオンは、循環通路 26 a を循環する際に消滅し、ガス出口 26 c からは主として窒素ラジカル N_2^* と酸素ラジカル O_2^* が放出される。さらに図 4 の構成では、接地されたイオンフィルタ 26 e をガス出口 26 c に設けている。これにより、窒素イオンをはじめとする荷電粒子が除去され、処理空間 21 B には窒素ラジカル
- 25 と酸素ラジカルのみが供給される。イオンフィルタ 26 e を接地させない場合でも、イオンフィルタ 26 e は拡散板として作用するため、窒素イオンをはじめとする荷電粒子を十分に除去することができる。

図 5 は、図 4 のリモートプラズマ源 26 により形成されるイオンの数と電子エネルギーの関係を、マイクロ波プラズマ源の場合と比較して示すグラフである。マ

マイクロ波によりプラズマを励起した場合には、窒素分子と酸素分子のイオン化が促進され、多量の窒素イオンと酸素イオンが形成されることになる。これに対し 500 kHz 以下の高周波によりプラズマを励起した場合には、形成される窒素イオンと酸素イオンの数が大幅に減少する。マイクロ波によりプラズマ処理を行う場合には、図 6 に示すように、 $1.33 \times 10^{-3} \sim 1.33 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ ($10^{-1} \sim 10^{-4} \text{ Torr}$) の高真空が必要になるが、高周波プラズマ処理は、 $13.3 \sim 13.3 \text{ kPa}$ ($0.1 \sim 100 \text{ Torr}$) の比較的高い圧力で実行可能である。

図 7 は、マイクロ波によりプラズマを励起する場合と、高周波によりプラズマを励起する場合との間での、イオン化エネルギー変換効率、放電可能圧力範囲、プラズマ消費電力、プロセスガス流量の比較を示す。イオン化エネルギー変換効率は、マイクロ波励起の場合に約 1×10^{-2} 程度であるのに対し、RF 励起の場合、約 1×10^{-7} まで減少しており、また放電可能圧力はマイクロ波励起の場合 $0.1 \text{ mTorr} \sim 0.1 \text{ Torr}$ ($13.3 \text{ mPa} \sim 13.3 \text{ Pa}$) 程度であるのに対し、RF 励起の場合には、 $0.1 \sim 100 \text{ Torr}$ ($13.3 \text{ Pa} \sim 13.3 \text{ kPa}$) 程度であることがわかる。これに伴い、プラズマ消費電力は RF 励起の場合の方がマイクロ波励起の場合よりも大きく、プロセスガス流量は、RF 励起の場合の方がマイクロ波励起の場合よりもはるかに大きくなっている。

図 3 に示す基板処理装置 100 では、酸窒化膜の形成を窒素イオン、酸素イオンではなく、窒素ラジカルと酸素ラジカルで行っており、このため励起される窒素イオンと酸素イオンの数は少ない方が好ましい。また被処理基板に加えられるダメージを最小化する観点からも、励起される窒素イオンと酸素イオンの数は少ないのが好ましい。さらに図 3 の基板処理装置 100 では、励起される窒素ラジカルと酸素ラジカルの数も少なく、高誘電体ゲート絶縁膜下の非常に薄い酸窒化膜を形成するのに好適である。

図 8 (A) と 8 (B) は、それぞれ図 3 の基板処理装置 100 を使って被処理基板 W に酸窒化膜を形成する際のラジカルの流れを示す側面図と平面図である。図中、先に説明した構成要素と同一のものには同一の参照符号を付し、説明を省略する。

実際に前記被処理基板Wに酸窒化膜が形成される手順は以下の通りとなる。

- まず、リモートプラズマラジカル源26にはアルゴン(Ar)ガスと、ガス供給装置30から送られてくる所定の混合比に調整された窒素ガスおよび酸素ガスが供給される。プラズマを数100kHzの周波数で高周波励起することにより、
- 5 所定の混合比の窒素ラジカルおよび酸素ラジカルが形成される。形成された窒素ラジカルと酸素ラジカルは、被処理基板Wの表面に沿って流れ、排気口21Aおよびポンプ24を介して排気される。その結果前記プロセス空間21Bは、基板Wのラジカル酸窒化に適当な、6.65Pa~1.33kPa(0.05~10 Torr)の範囲のプロセス圧に設定される。このようにして、窒素ラジカルと
- 10 酸素ラジカルが被処理基板Wの表面に沿って流れる際に、回転している被処理基板Wの表面に非常に薄い、典型的には1~3原子層の酸窒化膜が形成される。

- 図8(A)、8(B)に示す酸窒化膜形成において、酸窒化膜の形成に先立って、以下に示すパージ工程を行うことも可能である。パージ工程では、バルブ23Aおよび23Cが開放され、バルブ24Aが閉鎖されることで、処理空間21Bの
- 15 圧力が $1.33 \times 10^{-1} \sim 1.33 \times 10^{-4}$ Paの圧力まで減圧される。その後の酸窒化膜形成工程では、バルブ23Aおよび23Cは閉鎖される。ターボ分子ポンプ23Bはプロセス空間21Bの排気経路には含まれない。

前記パージ工程を加えることで処理空間21B中に残留している酸素や水分をパージすることが可能である。

- 20 また、図8(B)の平面図よりわかるように、ターボ分子ポンプ23Bは、基板搬送ユニット27を避けて、処理容器21の横に突出するような形で配置されている。

- 図9(A)、9(B)は、図8(A)、8(B)に示す基板処理装置の変形例40の配置構成を示す側面図と平面図である。変形例に係る基板処理装置40では、
- 25 ターボ分子ポンプ23Bの配置が変更されている。図中、先に説明した構成要素と同一部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

図9(A)および9(B)に示すように、基板処理装置40では、ターボ分子ポンプ23Bは、基板搬送ユニット27と反対側で処理容器21の外側に配置される。これにともなって、処理容器21にはターボ分子ポンプ23Bに協働する

排気口 21 E が、基板搬送ユニット 27 と反対の側に形成される。

ターボ分子ポンプ 23 B は、処理容器 21 の下部に垂直な向きで、すなわち吸気口と排気口とが上下に配列するような向きで、バルブ 23 A を介して結合されている。ターボ分子ポンプ 23 B の排気口は、処理容器 21 の排気口 21 A から
5 バルブ 24 A を経てポンプ 24 に至る排気ラインに、バルブ 24 A の下流側で結合されている。

基板処理装置 40 では、ターボ分子ポンプ 23 B が処理容器 21 の下側に配置されるため、図 8 (A)、8 (B) に示した基板処理装置 100 の配置構成と比較して、基板処理装置の占有スペースを低減することができる。

10 図 9 (A)、9 (B) の配置構成の基板処理装置 40 において、実際に被処理基板 W に酸窒化膜が形成される手順は以下のとおりである。

まず、リモートプラズマラジカル源 26 には、アルゴン (Ar) ガスと、ガス供給装置 30 から送られてくる所定の混合比に調整された窒素ガスおよび酸素ガスが供給される。プラズマを数 100 kHz の周波数で高周波励起することにより、所定の混合比の窒素ラジカルおよび酸素ラジカルが形成される。形成された窒素ラジカルと酸素ラジカルは、被処理基板 W の表面に沿って流れ、排気口 21 A およびポンプ 24 を介して排気される。その結果、プロセス空間 21 B は、基板 W のラジカル酸窒化に適当な、6.65 Pa ~ 1.33 kPa (0.05 ~ 10 Torr) の範囲のプロセス圧に設定される。窒素ラジカルと酸素ラジカルが
15 前記被処理基板 W の表面に沿って流れる際に、回転している被処理基板 W の表面に非常に薄い、典型的には 1 ~ 3 原子層の酸窒化膜が形成される。

図 9 (A)、(B) に示す酸窒化膜形成においても、酸窒化膜の形成に先立って、上述したパージ工程を行ってもよい。すなわち、バルブ 23 A および 23 C を開放し、バルブ 24 A を閉鎖することで、処理空間 21 B の圧力を 1.33×10^{-1} ~ 1.33×10^{-4} Pa の圧力まで減圧する。その後の酸窒化処理では、バルブ 23 A および 23 C を閉鎖する。ターボ分子ポンプ 23 B はプロセス空間 21 B の排気経路には含まれない。このようなパージ工程を加えることで、処理空間 21 B 中に残留している酸素や水分をパージすることができる。
25

図 10 は、リモートプラズマ源 26 に窒素ガスと酸素ガスを供給するガス供給

装置 30 の構成を示す。ガス供給装置 30 は、窒素導入バルブ 31 A を含む窒素導入ライン 31、酸素導入バルブ 32 A を含む酸素導入ライン 32、混合タンク 30 A、混合気供給バルブ 33 A を含む混合気供給ライン 33 より構成される。窒素導入ライン 31 で窒素導入バルブ 31 A を開放することにより、混合タンク 30 A に窒素が導入される。混合タンク 30 A に酸素を混合する場合は、窒素が供給されている間に、酸素導入バルブ 32 A を短時間だけ開放し、酸素導入ライン 32 から微量の酸素を混合タンク内に導入する。混合される酸素の濃度は、酸素導入バルブ 32 A の開放時間により、調整される。混合タンク 30 A において混合された窒素と酸素は、混合ガス供給バルブ 33 A を開放することにより、混合ガス供給ライン 33 からリモートプラズマ源 26 に供給される。

リモートプラズマ源 26 に供給される混合ガス中の、窒素に対する酸素の濃度を調整することにより、形成される窒素ラジカルと酸素ラジカルの比を調整することができる。したがって、処理容器 21 内において所望の窒素濃度で、非常に薄い、典型的には 1 ～ 3 原子層の酸窒化膜を形成することが可能となる。

また、酸化膜を形成した後で表面を窒化して酸窒化膜を形成する場合と比較すると、酸窒化膜をひとつの連続する工程で形成することが可能であり、工程数を低減できる。結果として、生産性を向上させることができる。

次に、形成される酸窒化膜の窒素濃度を制御する方法を具体的に説明する。

図 11 は、時間経過を横軸にとり、前記窒素ガス供給バルブ 31 A と、酸素ガス供給バルブ 32 A の開閉タイミングの第 1 の例を示すタイミングチャートである。窒素ガス供給バルブ 31 A は、窒素と酸素の混合ガスを供給する間は開放しておく。酸素供給バルブ 32 A は、短時間開放して閉じ、一定時間経過後再び短時間開放して閉じるという動作を繰り返して、窒素中に所定量の酸素を混入して所望の酸素濃度に調整する。このときの酸素供給バルブ 32 A の開放時間を t_1 、酸素供給バルブ 32 A が開放してから再び開放するまでの時間を S_1 とすると、 t_1 と S_1 の値を調整することにより、窒素に混合される酸素濃度を調整することができる。その結果、リモートプラズマ源 26 において生成される窒素ラジカルと酸素ラジカルの比を調整することができ、被処理基板 W に形成される酸窒化膜の窒素濃度を所望の値に調整することが可能となる。

この場合、窒化にくらべて酸化の反応速度が速いため、窒素に添加する酸素濃度が10ppm～600ppm程度で、酸窒化膜の窒素濃度を約10～40%に制御できる。

酸窒化膜の形成条件は例えば、処理容器21の圧力を6.65Pa～1.33kPa(0.05～10Torr)、Arガス流量0.7～2slm、窒素流量0.05～0.9slm、酸素流量0～0.1slm、窒素と酸素の混合気中の酸素濃度10ppm～600ppm、もしくは窒素とArと酸素の混合気中の酸素濃度10～300ppm、被処理基板の温度400～700℃とすると、形成される酸窒化膜中の窒素濃度は10～40%程度となる。

次に、図12に、窒素と酸素の混合比制御の第2の例を示す。図12も、窒素供給バルブ31Aと、酸素供給バルブ32Aの時間経過を横軸にとったタイミングチャートとして表わされている。

図12の例では、図11の第1の例と比較して、S1(酸素供給バルブ32Aが開放してから再び開放するまでの時間)は同一であるが、酸素供給バルブ32Aが開放されている時間t2が、第1の例における時間t1に比べて短くなっている。このために混合される酸素の量が減少する。その結果、リモートプラズマ源26において生成される酸素ラジカル量が減少し、被処理基板W上に酸窒化膜を形成する際の酸化反応が抑えられる。換言すると、酸窒化膜形成の工程で、第1の例に比較して窒化が進んだ状態となり、形成される酸窒化膜中の窒素濃度を増加させることができる。

次に、図13に、窒素と酸素の混合比制御の第3の例を、窒素供給バルブ31Aと、酸素供給バルブ32Aの時間経過を横軸にとったタイミングチャートとして示す。図13の例では、図11に示す第1の例と比較して、酸素供給バルブ32Aの開放時間t1は同じであるが、酸素供給バルブ32Aが開放されてから再び開放されるまでの時間S2が、第1の例におけるS1と比較して長くなっている。このために混合される酸素の量が減少する。その結果、リモートプラズマ源26において生成される酸素ラジカル量が減少し、被処理基板W上に酸窒化膜を形成する際の酸化反応が抑えられる。換言すると、酸窒化膜形成の工程で、第1の例に比べて窒化が進んだ状態となり、形成される酸窒化膜中の窒素濃度を増

加させることが可能となる。

次に、図 1 4 に、窒素と酸素の混合比制御の第 4 の例を、窒素供給バルブ 3 1 A と、酸素供給バルブ 3 2 A の時間経過を横軸にとったタイミングチャートとして示す。図 1 4 の例では、同一の酸窒化工程内で、図 1 1 に示す第 1 の例と、図 5 1 2 に示す第 2 の例を組み合わせたものである。

供給開始直後に続く期間 A は、酸窒化工程の前半部分であり、第 1 の例と同様に、酸素バルブ開放時間と酸素供給の周期は、それぞれ t_1 、 S_1 に設定されている。その後、酸窒化工程の後半である期間 B では、酸素供給周期を S_1 に維持した状態で、酸素バルブ開放時間を t_1 から t_2 に変更する ($t_1 > t_2$)。酸窒化工程の後半で、酸素供給バルブ 3 2 A の開放時間を短くすることによって、酸素の混合量が減少する。したがって、酸窒化膜形成の工程で、前半 (期間 A) に比べ窒化が進んだ状態となり、形成される酸窒化膜中の窒素濃度を酸窒化膜形成工程の後半で増加させることができる。すなわち、酸窒化膜の膜厚方向に、窒素濃度が高くなるように調整することができる。

15 実際の半導体装置においては、デバイス特性を考慮すると、シリコン (Si) 基板に近い部分、すなわち酸窒化工程の前半においては、シリコンと酸窒化膜の界面が平坦に形成されやすいために窒素濃度が低いことが要求される。また、酸窒化膜上に形成される高誘電体膜に近い部分、すなわち酸窒化工程後半に形成される部分においては、金属とシリコンの相互拡散を防止するため窒素濃度が高い
20 ほうがよい。本実施例においては酸窒化膜の膜厚方向において、前記したようなデバイス特性の要求を満たす窒素濃度に調整された酸窒化膜を形成することが可能である。

次に、図 1 5 に、窒素と酸素の混合比制御の第 5 の例を、窒素供給バルブ 3 1 A と、酸素供給バルブ 3 2 A の時間経過を横軸にとったタイミングチャートとして示す。図 1 5 の例では、同一の酸窒化工程内で、図 1 1 に示す第 1 の例と、図 1 3 に示す第 3 の例を組み合わせたものである。

供給開始直後から期間 A で表わされる酸窒化工程の前半部分では、酸素バルブ開放時間と酸素供給周期 S_1 が、第 1 の例と同様に、それぞれ t_1 、 S_1 に設定されている。期間 B で表わされる酸窒化工程の後半において、酸素バルブ開放時

間は t_1 に維持したままで、酸素供給周期 S_1 を、 S_2 に変更している ($S_1 < S_2$)。したがって、窒素供給に対する酸素の混合量が減少し、酸窒化膜形成の後半で、前半よりも窒化が進んだ状態となり、酸窒化膜中の窒素濃度を膜厚方向に増加させる構成が可能となる。

- 5 このように、酸素供給バルブ 32A の開放時間 t と、酸素供給周期（酸素供給バルブ 32A の開放周期） S の少なくとも一方を調整することによって、酸窒化膜の膜厚方向に窒素濃度を適切に制御しながら、単一の工程で非常に薄いペース酸化膜と酸窒化膜を形成することが可能になる。

- 10 また、窒素ラジカル中に酸素ラジカルを添加する方法としては、窒素ガスに酸素ガスを添加する方法に限定されるものではなく、窒素と酸素を含む任意のガスの組み合わせにおいて可能である。例えば、窒素ガスに NO ガスを添加する、NO ガスに酸素を添加するなどの方法が可能である。

本発明により、シリコン基板表面に非常に薄い、典型的には 1 ～ 3 原子層の酸窒化膜を単一の工程で形成することが可能となった。

- 15 また、前記酸窒化膜を、形成される深さ方向において所望の窒素濃度に制御することが可能となった。

以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明は上記の特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

請求の範囲

1. 高周波プラズマにより窒素ラジカルおよび酸素ラジカルを形成する工程と、
前記窒素ラジカルと前記酸素ラジカルを被処理基板表面に供給して前記被処理
5 基板表面に絶縁膜を形成する工程と
を含む基板上への絶縁膜の形成方法。
2. 窒素ガスまたは窒素化合物ガスと、酸素ガスまたは酸素化合物ガスを混合し
て混合ガスを生成する工程と、
10 前記混合ガスを高周波プラズマにより励起して、窒素ラジカルおよび酸素ラジ
カルを形成する工程と、
前記窒素ラジカルおよび酸素ラジカルを、シリコンを含む被処理基板表面に供
給する工程と、
前記窒素ラジカルおよび酸素ラジカルにより、前記被処理基板表面に、窒素を
15 含む絶縁膜を形成する工程と
を含む基板上への絶縁膜の形成方法。
3. 前記被処理基板はシリコン基板であり、前記窒素を含む絶縁膜は酸窒化膜で
あることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。
20
4. 前記混合ガスの生成工程は、前記混合ガス中に含まれる前記窒素ガスまたは
窒素化合物ガスに対する、前記酸素ガスまたは酸素化合物ガスの割合を、時間と
ともに変化させる工程を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の方法。
- 25 5. 前記被処理基板表面へのラジカルの供給工程は、前記窒素ラジカルと酸素ラ
ジカルを、被処理基板の表面に沿って流れるように形成されたガスの流れに乗せ
て前記被処理基板上に供給することを特徴とする請求項 2 に記載の方法。
6. 前記ガスの流れは、前記被処理基板の第 1 の側から、径方向で対向する第 2

の側へと流れるように形成されることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

7. 前記高周波プラズマは、窒素ガスおよび酸素ガスを 400 kHz ~ 500 kHz の周波数で励起することにより形成されることを特徴とする請求項 2 に記載
5 の方法。

8. 高周波プラズマにより窒素ラジカルおよび酸素ラジカルを形成する工程と、
前記窒素ラジカルと酸素ラジカルを半導体基板表面に供給して基板表面を処理
する工程と、

10 前記表面処理された基板上に、活性素子を形成する工程と
を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

9. 窒素ガスまたは窒素化合物ガスと、酸素ガスまたは酸素化合物ガスを混合し
て混合ガスを形成する工程と、

15 前記混合ガスを高周波プラズマにより励起して窒素ラジカルおよび酸素ラジカル
を形成する工程と、

前記窒素ラジカルおよび前記酸素ラジカルを、シリコンを含む被処理基板表面
に供給する工程と、

20 前記窒素ラジカルおよび前記酸素ラジカルにより、前記被処理基板表面に窒素
を含む絶縁膜を形成する工程と、

前記絶縁膜を有する被処理基板上に半導体素子を形成する工程と
を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

10. 前記被処理基板はシリコン基板であり、前記窒素を含む絶縁膜は酸窒化膜
25 であることを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

11. 前記混合ガスの生成工程は、前記混合ガス中に含まれる前記窒素ガスまたは
窒素化合物ガスに対する、前記酸素ガスまたは酸素化合物ガスの割合を、時間
とともに変化させる工程を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

12. 前記被処理基板表面へのラジカルの供給工程は、前記窒素ラジカルと酸素ラジカルを、被処理基板の表面に沿って流れるように形成されたガスの流れに乗せて前記被処理基板上に供給することを特徴とする請求項9に記載の方法。

5

13. 前記ガスの流れは、前記被処理基板の第1の側から、径方向で対向する第2の側へと流れるように形成されることを特徴とする請求項12に記載の方法。

14. 前記高周波プラズマは、窒素ガスおよび酸素ガスを400kHz～500kHzの周波数で励起することにより形成されることを特徴とする請求項9に記載の方法。

15. 前記絶縁膜上に高誘電体材料のゲート絶縁膜を形成する工程をさらに含むことを特徴とする請求項9に記載の方法。

15

16. 高周波プラズマにより窒素ラジカルと酸素ラジカルを形成するラジカル形成部と、

被処理基板を保持する処理容器と

を備え、前記ラジカル形成部は、形成した窒素ラジカルと酸素ラジカルを前記処理容器に供給する供給ポートを有し、前記処理容器内に保持される被処理基板表面に、前記窒素ラジカルと前記酸素ラジカルを供給することにより、前記被処理基板表面に絶縁膜を形成することを特徴とする基板処理装置。

17. 前記ラジカル形成部に接続され、窒素を含む第1の原料ガスと、酸素を含む第2の原料ガスの混合比を制御して、所望の混合比の混合ガスを前記ラジカル形成部に供給するガス供給部をさらに備え、

前記ガス供給部で前記第1の原料ガスと第2の原料ガスの混合比を制御することにより、前記ラジカル形成部で生成され前記処理容器に供給される前記窒素ラジカルと前記酸素ラジカルの供給比が制御されることを特徴とする請求項16に

記載の基板処理装置。

18. 前記ラジカル形成部は、処理容器の側面に位置して、前記被処理基板の表面に沿って流れるガス流を形成し、前記窒素ラジカルと酸素ラジカルを、前記被
5 処理基板の表面に沿ったガス流に乗せて前記被処理基板の表面に供給することを特徴とする請求項16に記載の基板処理装置。

19. 前記処理容器は、前記ラジカル形成部の供給ポートと反対側に、前記窒素ラジカルおよび酸素ラジカルを排気する排気口を有することを特徴とする請求項
10 16または18に記載の基板処理装置。

20. 前記ラジカル形成部は、前記混合ガスに400kHz～500kHzの周波数を印加して励起する周波数印加手段をさらに有することを特徴とする請求項
16に記載の基板処理装置。

FIG.1

10

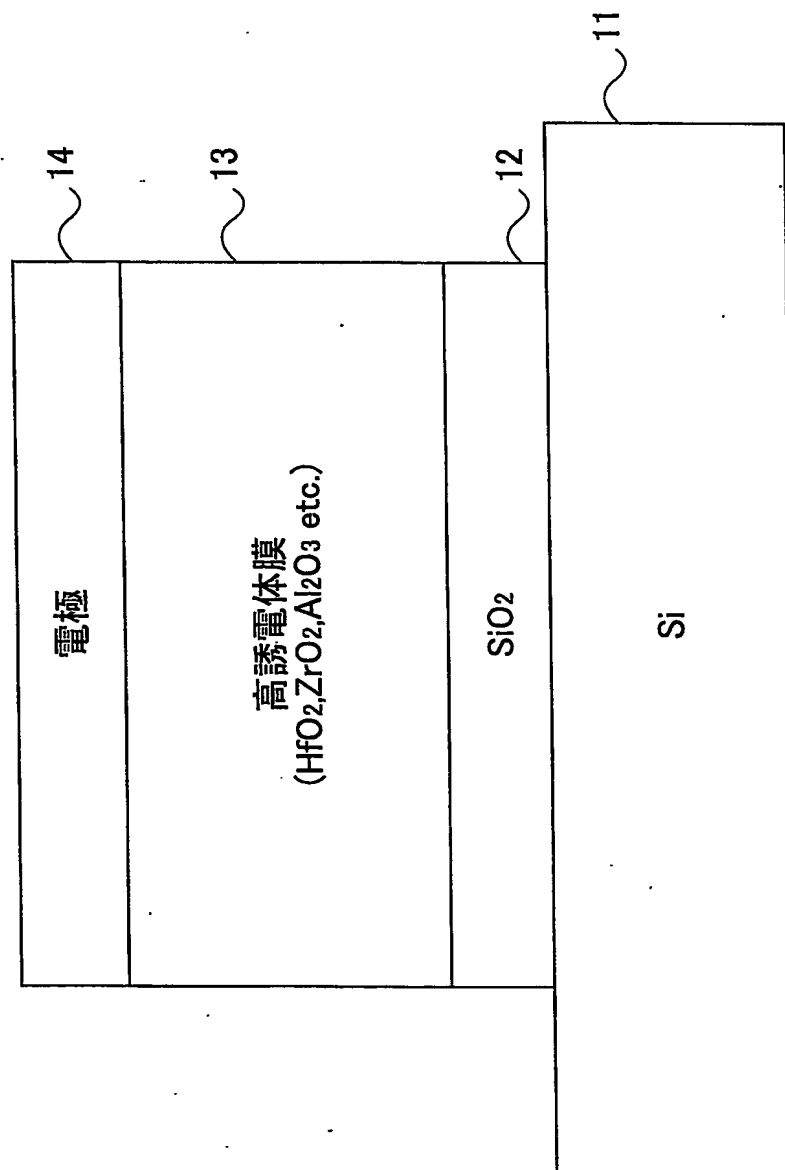


FIG.2

20

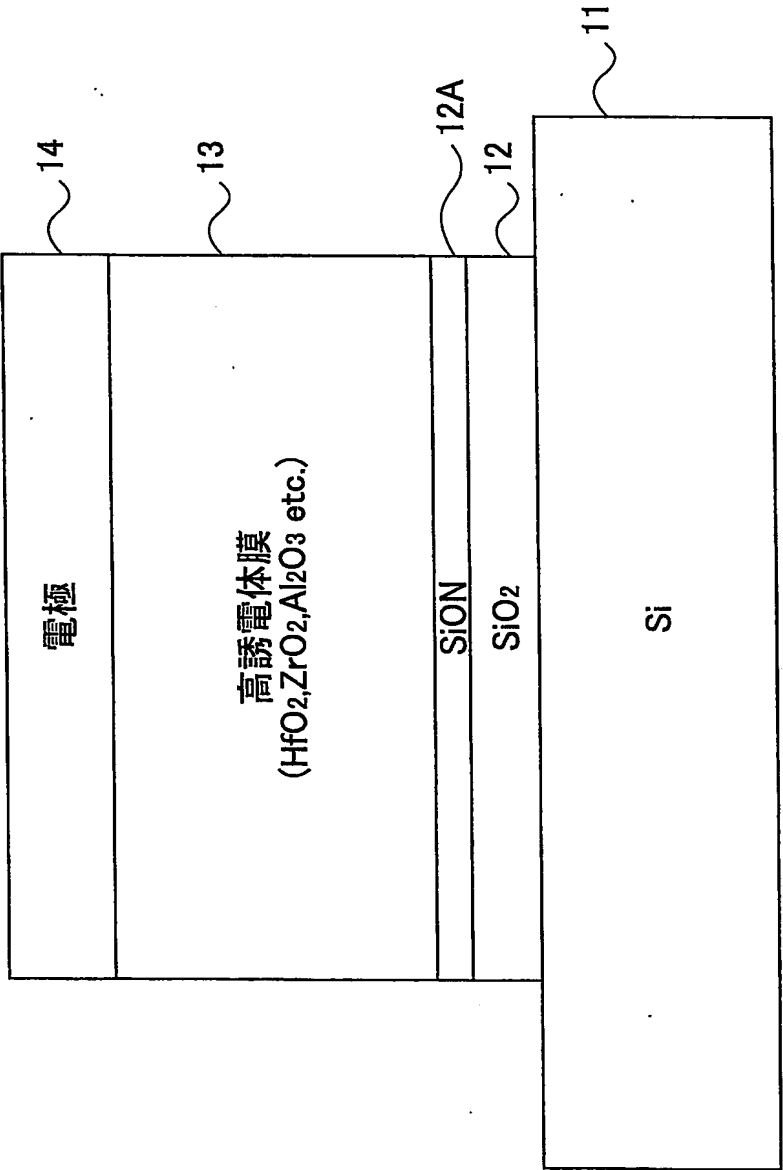


FIG.3

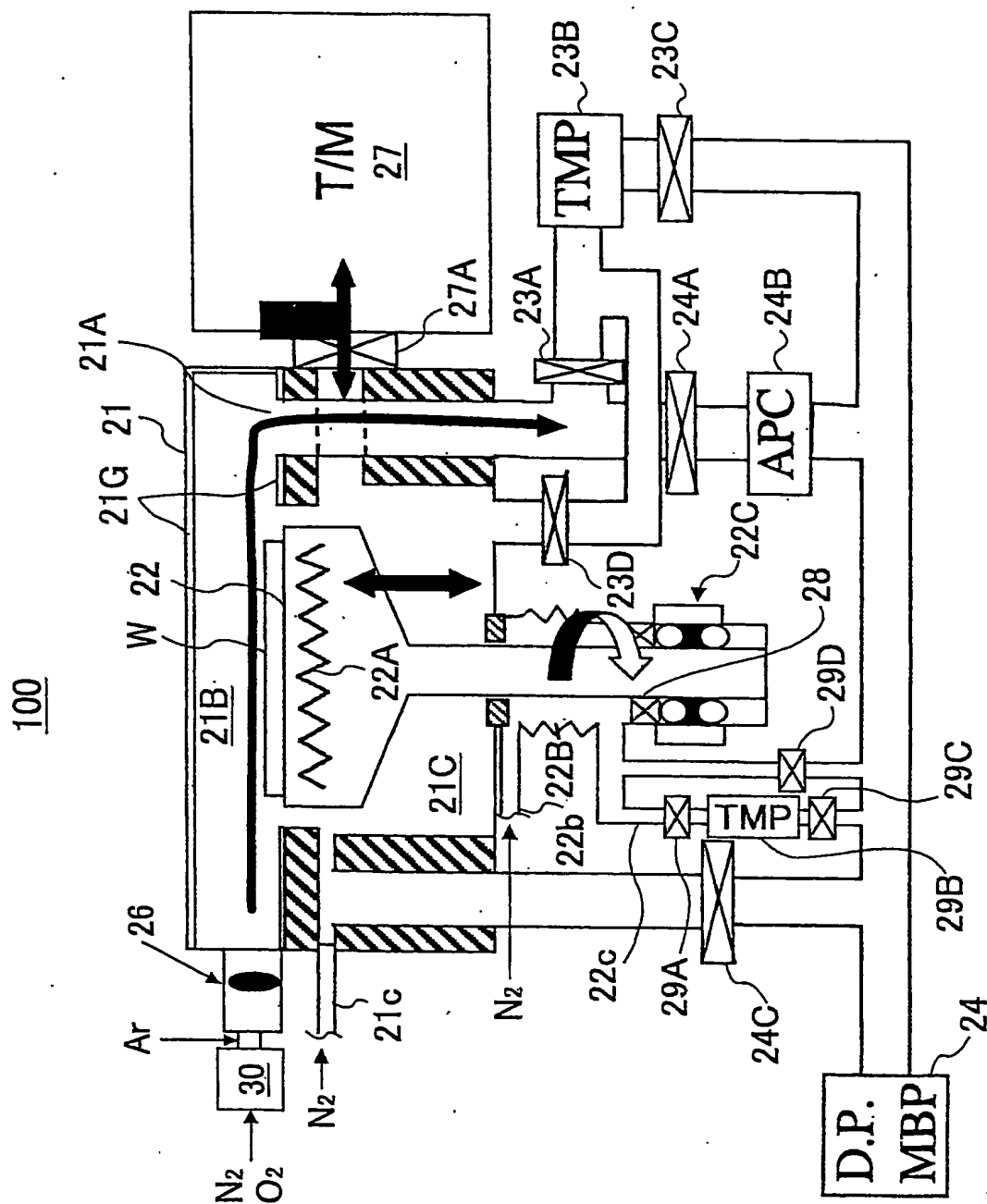
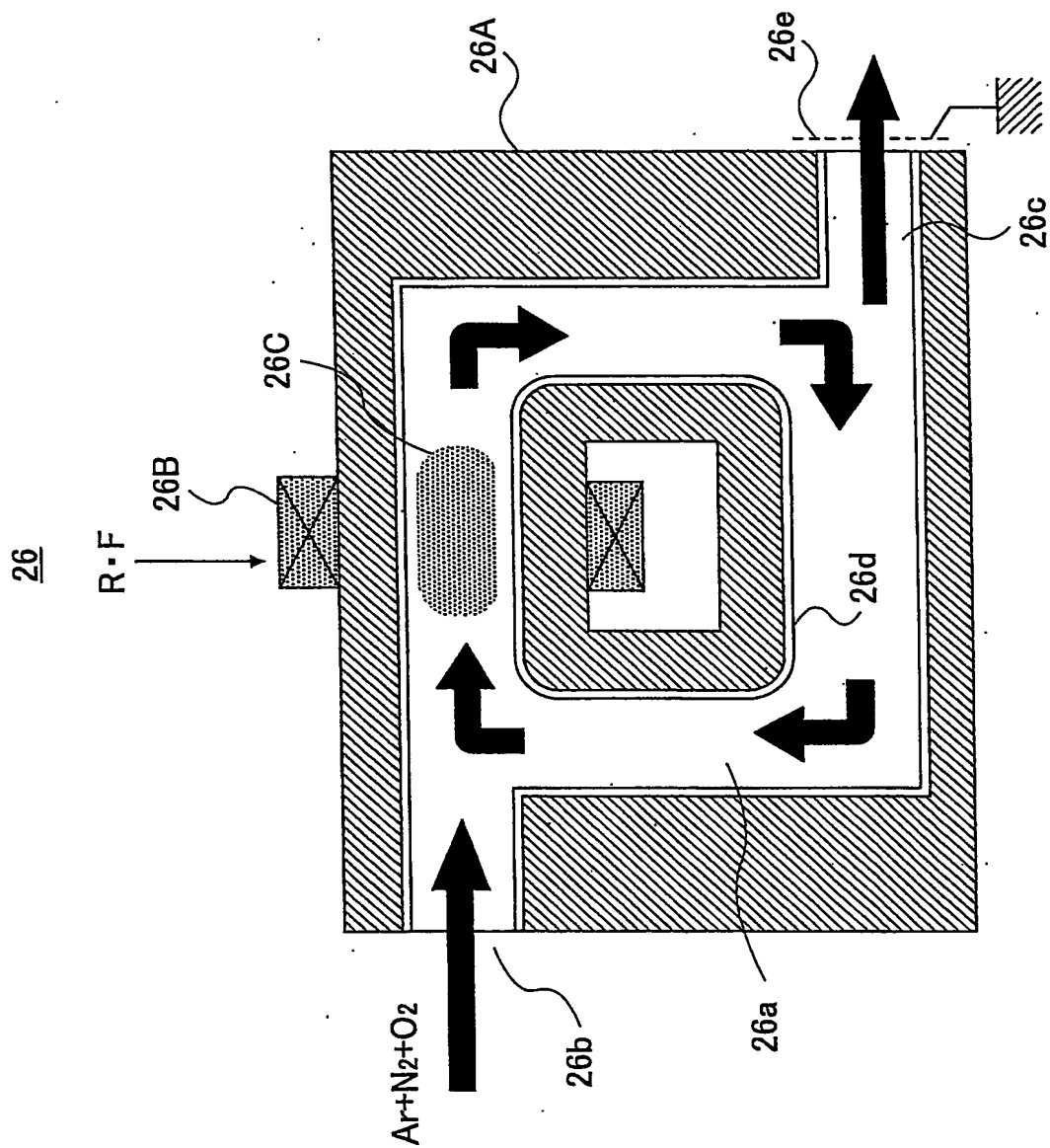
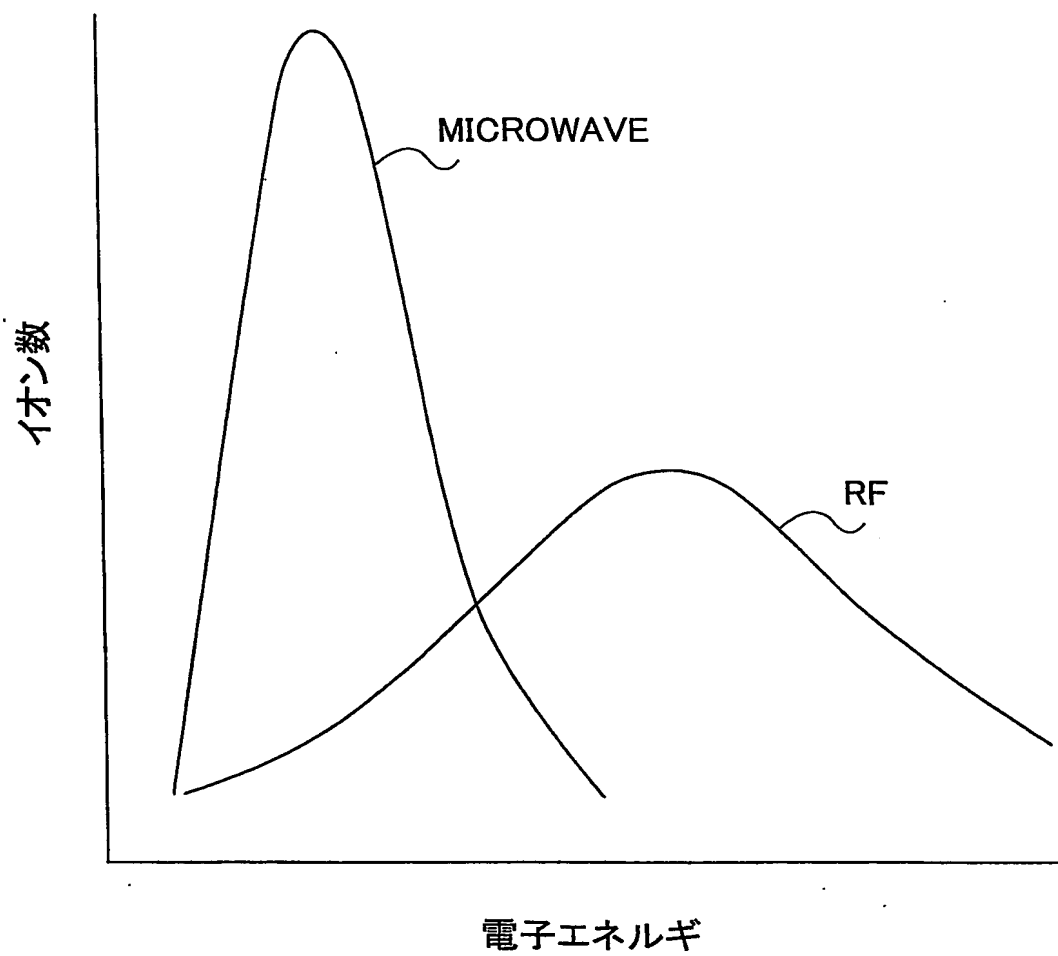


FIG.4



5/15

FIG.5



6/15

FIG.6

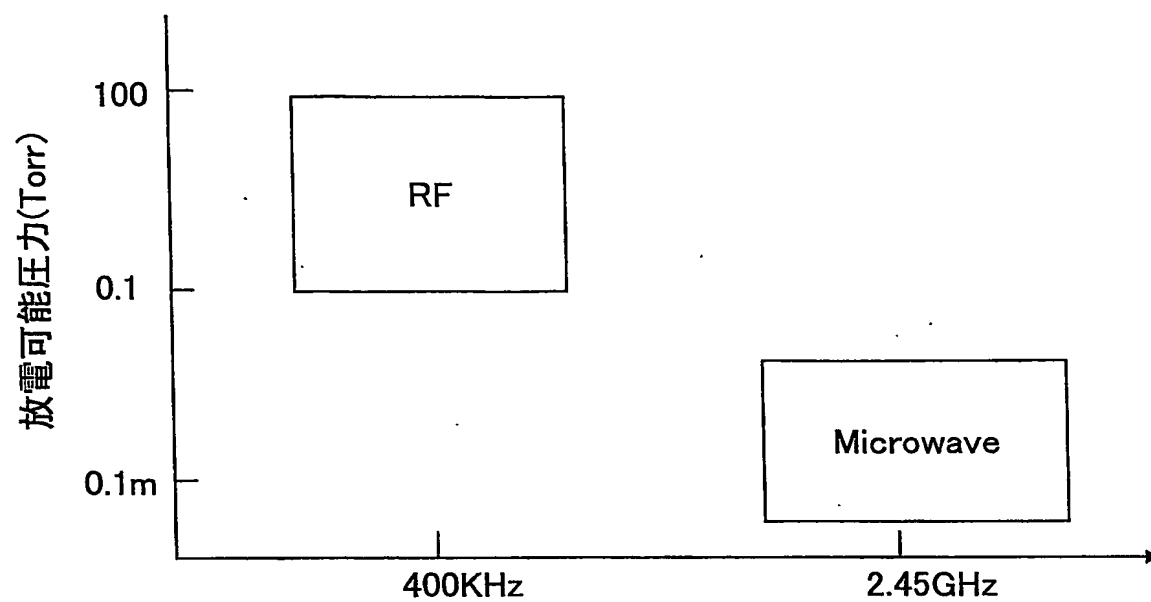
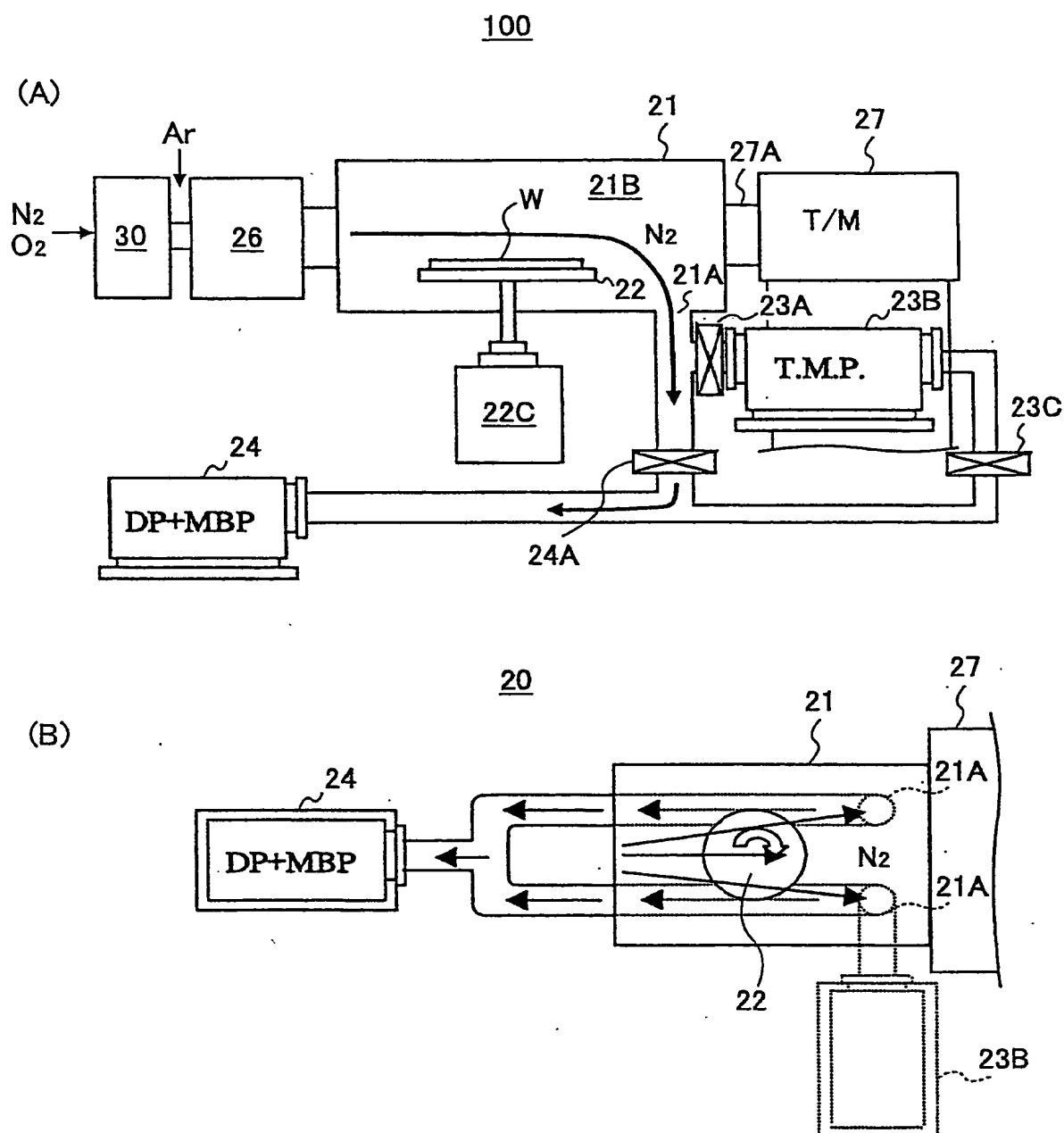


FIG.7

	イオン化エネルギー 変換効率	放電可能圧力範囲	プラズマ消費電力	プロセスガス流量
Microwave	1.00E-02	0.1m~0.1Torr	1~500W	0~100sccm
RF	1.00E-07	0.1~100Torr	1~10kW	0.1~10slm

8/15

FIG.8



9/15

FIG.9

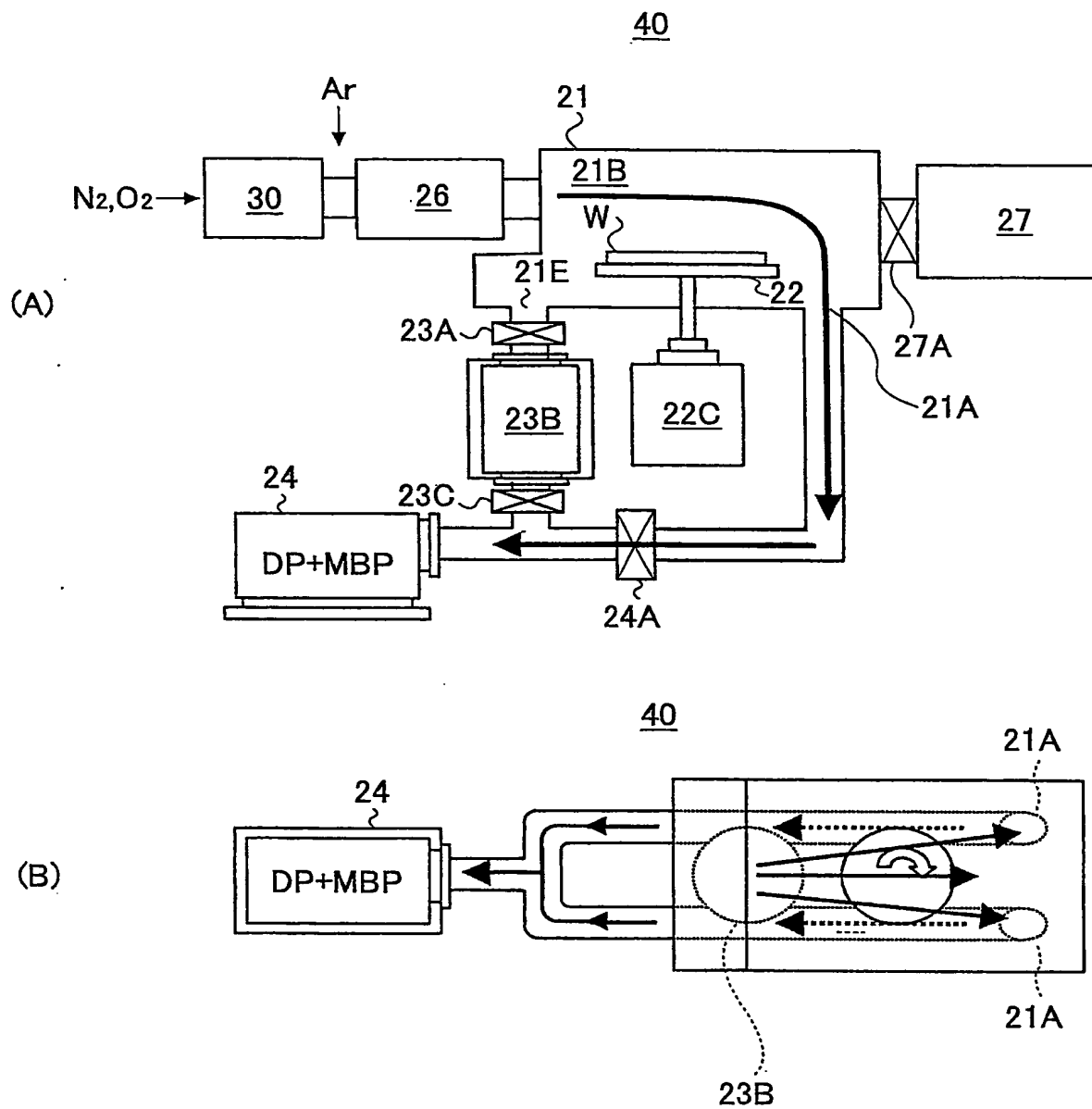


FIG.10

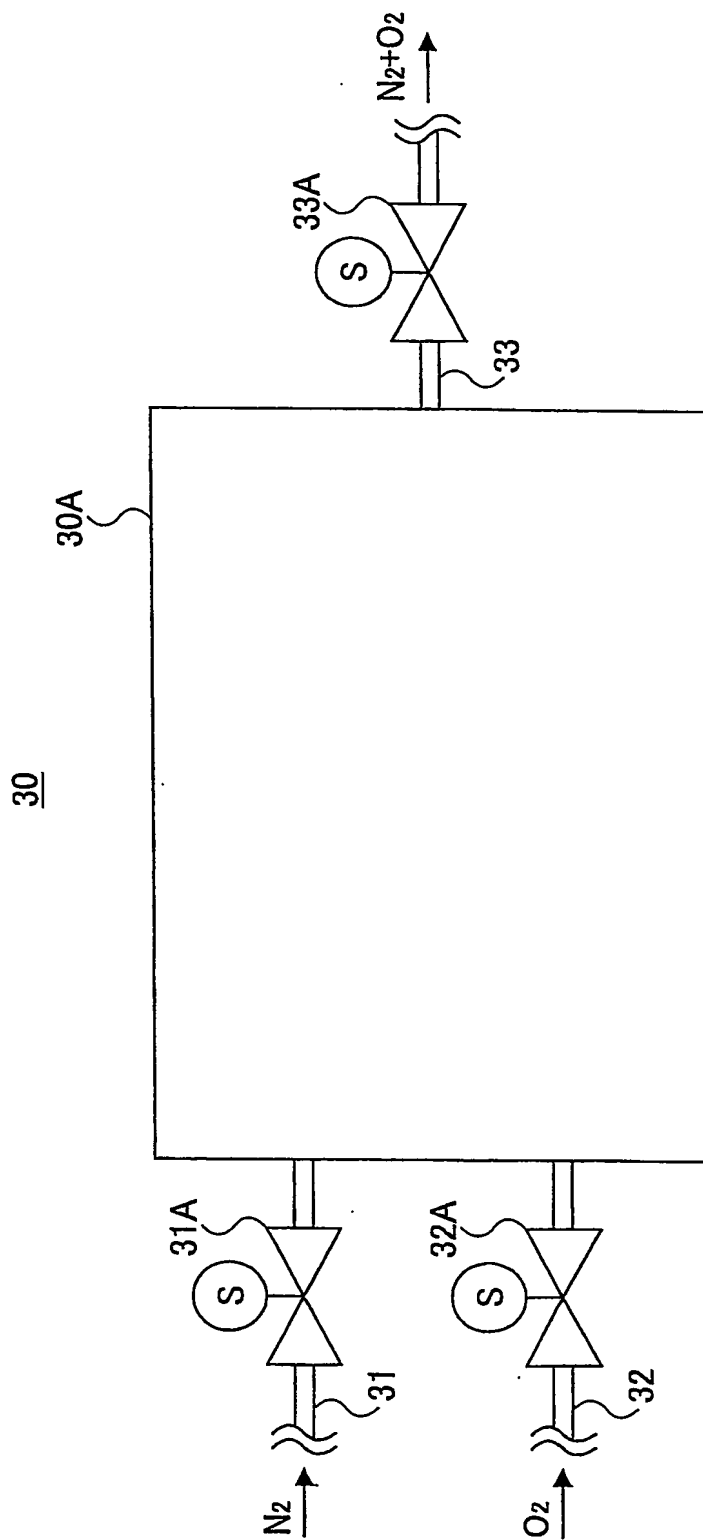


FIG.11

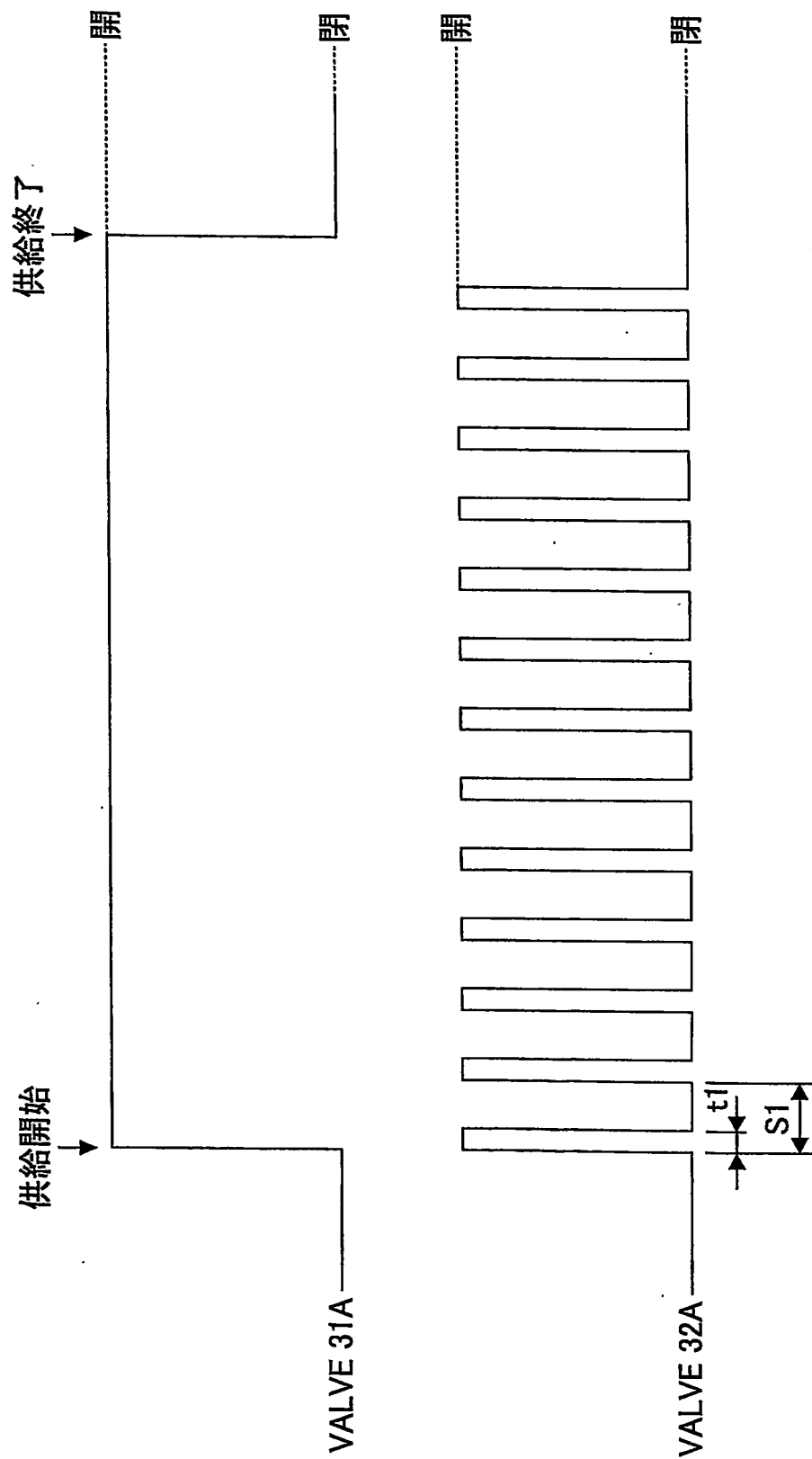


FIG.12

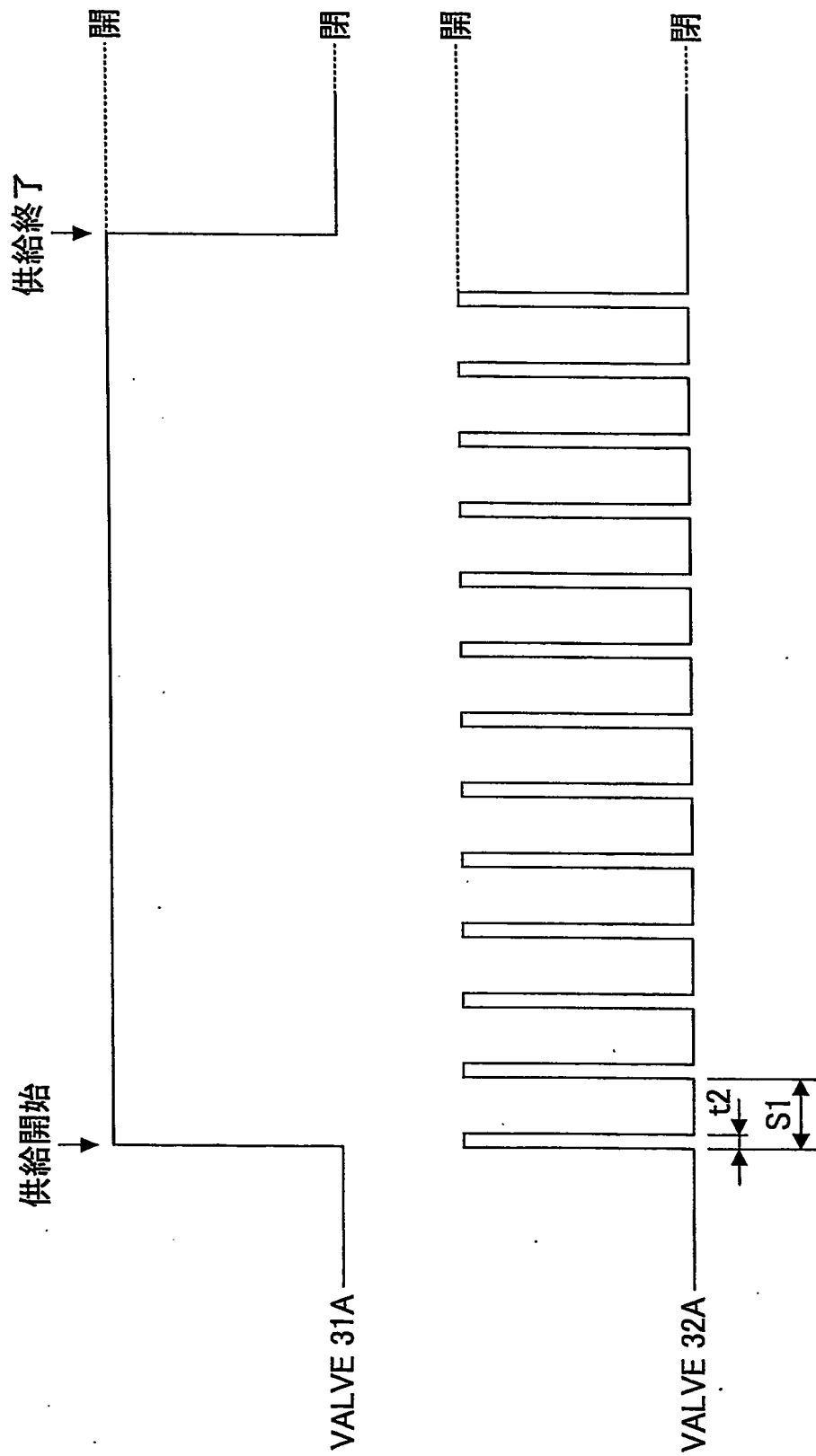


FIG.13

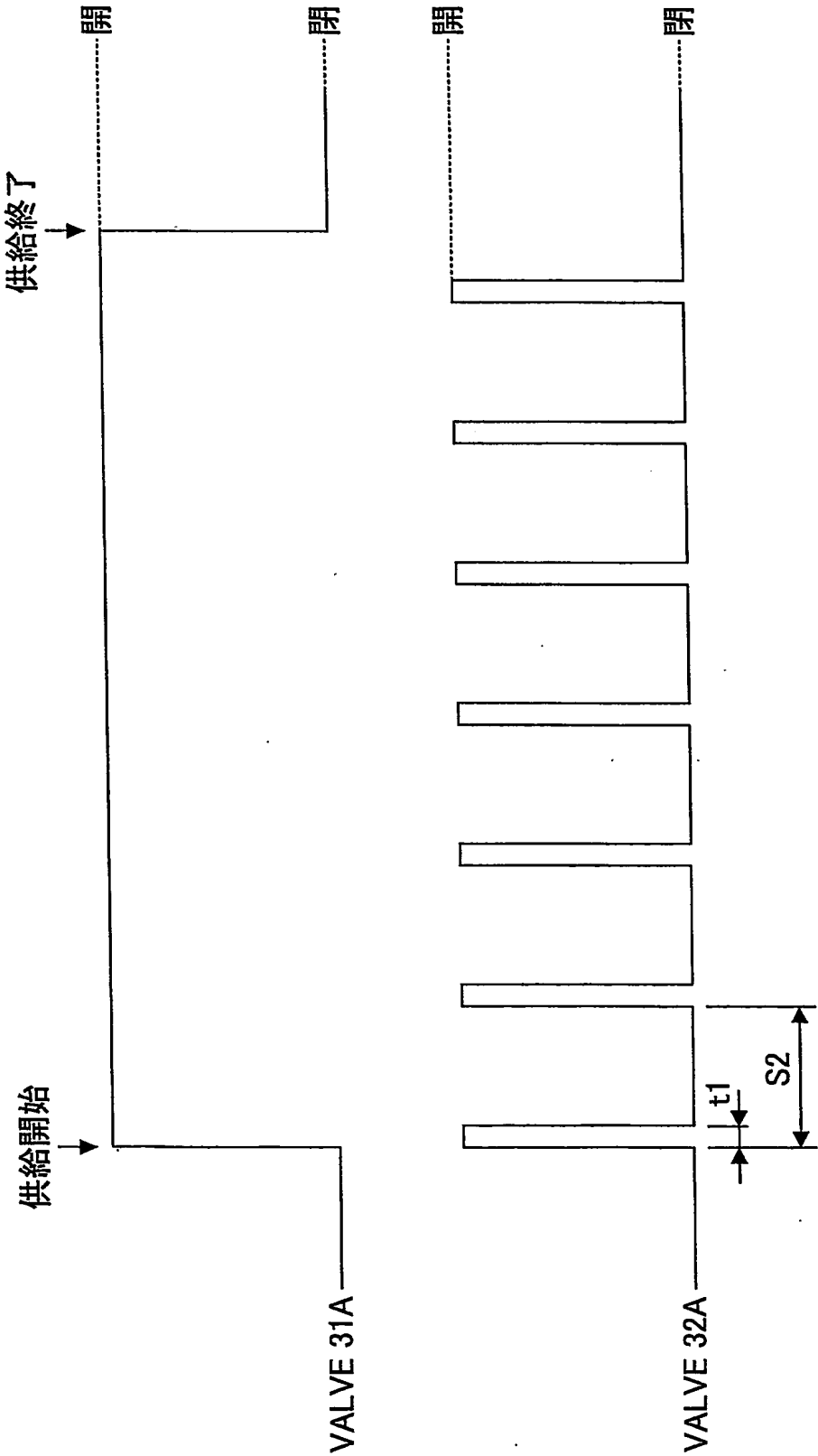


FIG.14

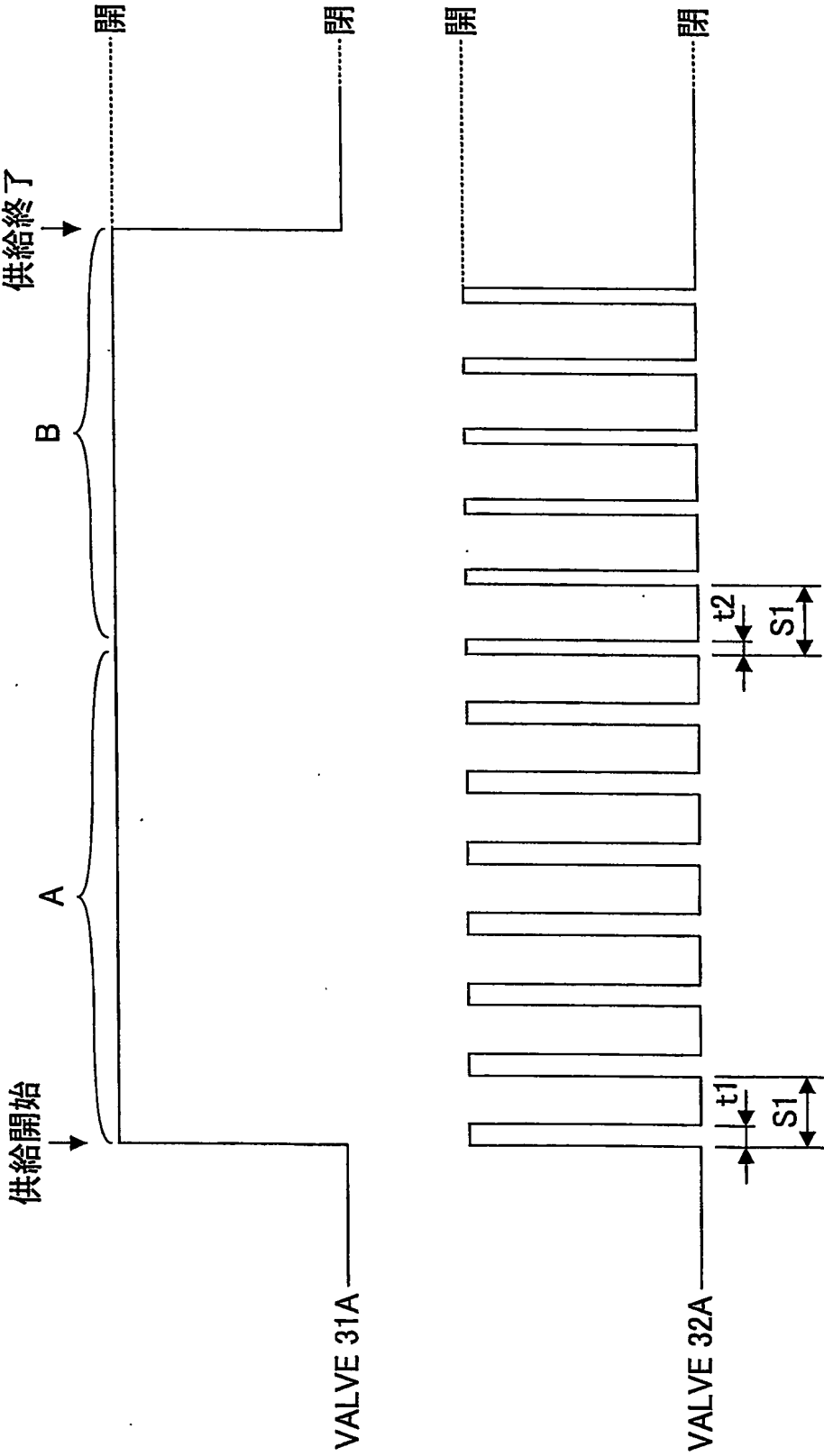
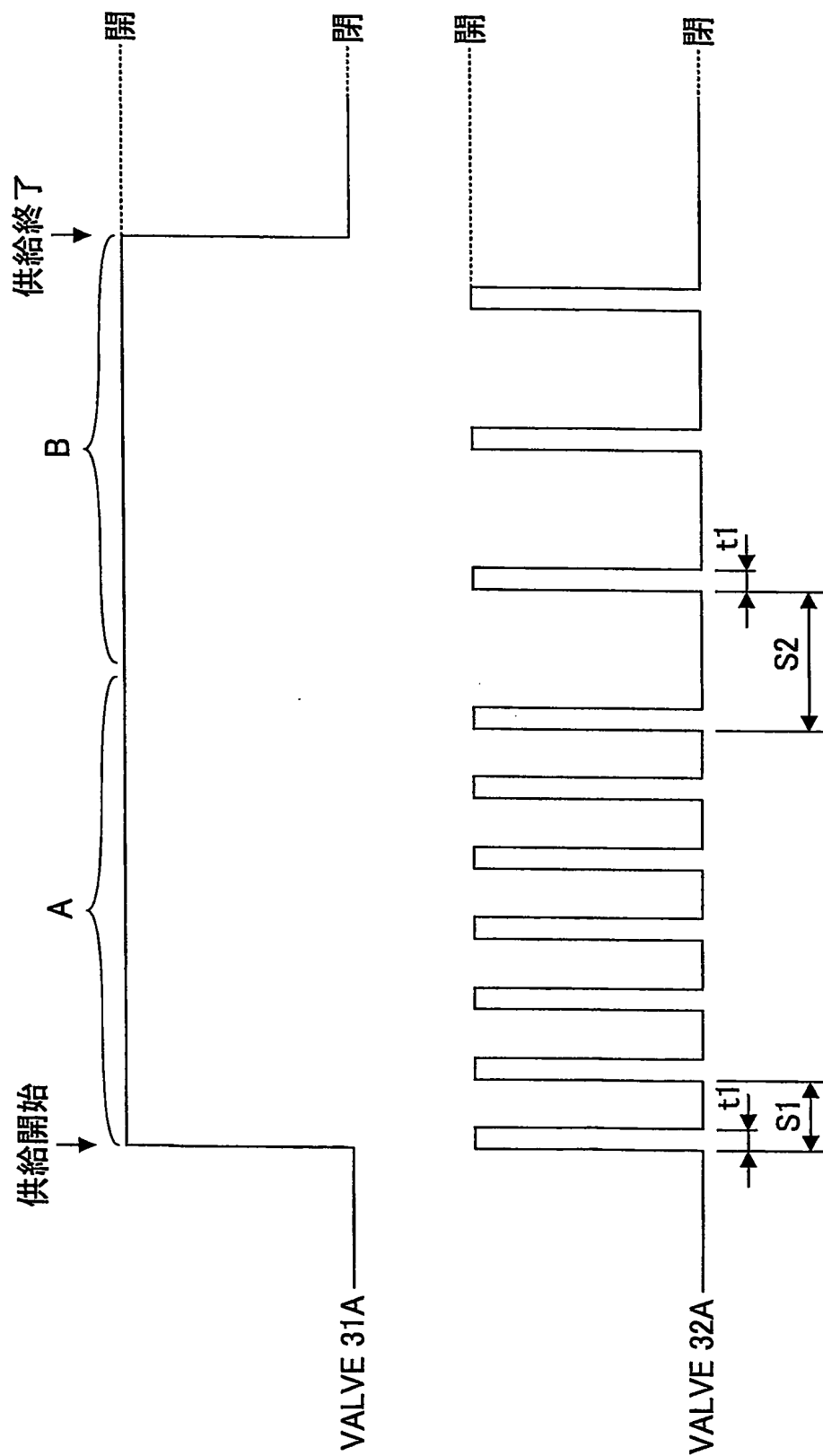


FIG.15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/318, 21/31, 29/78

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/31, 21/318, 29/78

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u>	JP 2001-85427 A (NEC Corp.), 30 March, 2001 (30.03.01), Figs. 2 to 3, 8; Par. Nos. [0024] to [0037], [0058] to [0060]	<u>1-3, 8-10,</u> <u>16-17</u>
<u>Y</u>	Figs. 2 to 3, 8; Par. Nos. [0024] to [0037], [0058] to [0060]	<u>15</u>
A	Figs. 2 to 3, 8; Par. Nos. [0024] to [0037], [0058] to [0060] (Family: none)	4-7, 11-14, 20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
16 December, 2003 (16.12.03)

Date of mailing of the international search report
13 January, 2004 (13.01.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11971

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u>	JP 2002-134503 A (Applied Materials, Inc.), 10 May, 2002 (10.05.02), Figs. 1 to 2; Par. Nos. [0002], [0030], [0037] to [0050], [0064]	<u>1, 8, 16, 18-19</u>
A	Figs. 1 to 2; Par. Nos. [0002], [0030], [0037] to [0050], [0064] (Family: none)	5-7, 12-14, 20
Y	JP 2001-44419 A (Texas Instruments Inc.), 16 February, 2001 (16.02.01), Fig. 2; Par. Nos. [0013] to [0016] (Family: none)	15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L 21/318, 21/31, 29/78

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L 21/31, 21/318, 29/78

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u>	JP 2001-85427 A (日本電気株式会社), 2001. 03. 30 図2-3, 図8, 【0024】 - 【0037】, 【0058】 - 【0060】	1-3, 8-10, 16-17
<u>Y</u>	図2-3, 図8, 【0024】 - 【0037】, 【0058】 - 【0060】	15
A	図2-3, 図8, 【0024】 - 【0037】, 【0058】 - 【0060】 (ファミリーなし)	4-7, 11-14, 20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 12. 03

国際調査報告の発送日

13.01.04

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 和瀬田 芳正



4R

2929

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u> A	JP 2002-134503 A (アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド) , 2002. 05. 10 図1-2, 【0002】 , 【0030】 , 【0037】 - 【0050】 , 【0064】 図1-2, 【0002】 , 【0030】 , 【0037】 - 【0050】 , 【0064】 (ファミリーなし)	<u>1, 8, 16, 18-19</u> 5-7, 12-14, 20
Y	JP 2001-44419 A (テキサス インストルメンツ インコーポレイテッド) , 2001. 02. 16 図2, 【0013】 - 【0016】 (ファミリーなし)	15